جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارۀهفتم، پاییز۱۳۹۲

صص ۱۷-۱

تأثیر ویژگی‌های رسوب شناسی در توسعه فرسایش تونلی در سازند فلیش مکران (مطالعه موردی: محدوده شهرستان جاسک)

دکتر مجتبی یمانی- دانشیار ژئومورفولوژی ،دانشگاه تهران، تهران، ایران

محمد اکبریان[1]-دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۹/۲۷ تاریخ تصویب:۱۳۹۲/۹/۵

چکیده

فرسایش تونلی از مهم‌ترین اشکال ژئومورفولوژیکی تپه‌ماهورهای بی‌شکل یا هـزاردره در بخـش عمـده‌ای از فلیش‌های مکران است. تحقیق حاضر با هدف تعیین ویژگی‌های رسوب‌شناسی مؤثر در ایجاد فرسایش تونلی سازند فلیش مکران، در محدوده شهرستان‌های جاسک و سیریک انجام شده است. ویژگی‌های رسوب نظیـر درصد آهک، گچ، هدایت الکتریکی[2]، اسیدیته[3]، بافت، نوع کانی رسـی، کلـسیم، منیـزیم، سـدیم، پتاسـیم و...، داده‌های این تحقیق است. نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی، عکس‌های هوایی، تصاویر مـاهواره‌ای، ادوات آزمایشگاهی و نیز نرم‌افزارهای رایانه‌ای اِلویس، آرک‌جی‌آی‌اِس و مینی‌تَب[4] ابزارهای اصلی تحقیق را تـشکیل داده‌اند. با استفاده از مدارک موجود و بازدید صحرایی، نقشه لندفرم‌های محـدوده پـراکنش بدلنـدهای مکـران ترسیم و بخش‌های دارای فرسایش تونلی و فاقد آن مشخص شد. با شبکه بندی لندفرم‌ها، محـل‌هـای نمونـه گیری(نمونه و شاهد)، مشخص و حین کارهای میدانی در عرصه پژوهش، نمونه‌گیری رسوب نیز انجام شـده است. نمونه‌ها به آزمایشگاه خاک و رسوب انتقال یافته و عواملی نظیر آهک، گچ، بافت، نوع کـانی رسـی و ... تفکیک و نتایج آزمایشگاهی با آزمون‌های مناسب آماری در برنامه مینی‌تَـب بـرازش داده شـده اسـت. نتـایج تحقیق نشان می‌دهد هدایت الکتریکی گل اشباع، درصد سیلت، درصد ماسه، درصد آهک، درصد گـچ، یـون منیزیم، یون کلسیم، یون سدیم و یون پتاسیم، دامنه حساسیت سازند را تعیین کرده و میزان اسیدیته گل اشـباع، درصد اشباع خاک و درصد رس، باعث پایداری و مقاومت سازند در مقابل فرسایش تونلی شده‌است.

کلیدواژه‌ها: فرسایش تونلی، هزاردره، سازند فلیش مکران، جاسک.

۱ نویسندۀ مسئول: ۰۹۱۲۳۱۹۷۶۸۲ Email: myamani@ut.ac.ir

2 Ec
3 pH
4 Ilwis, ArcGIS, Minitab

۱. مقدمه

فرسایش تونلی یا پایپینگ[1] عبارت است از مجرای زیرسطحی رواناب که غالباً در اثر انحلال ایجاد شده و چنانچه در روی دامنه شیب‌دار تشکیل شود با فروریزی سقف تونل‌ها خندق و گالی ایجاد شده و سرانجام منجر به تشکیل هزاردره[2] می‌شود. پدیده پایپینگ، که یکی از جالب‌ترین و نادرترین شکل فرسایش است، در هر شرایط آب و هوایی می‌تواند تشکیل شود. ولی شرایط ایجاد آن به ویژه از نظر ژئومورفولوژی کاملاً شناخته شده نیست. عموماً پایپینگ در سازندهایی که ظرفیت نفوذپذیری کمی داشته و کانی‌های قابل انحلال زیادی دارند به وجود می‌آید. در این صورت، سازند با جذب آب کافی در فصل مرطوب موجب انبساط رس گردیده و وجود عناصری نظیر سدیم که نقش منفی در هیدرولیزکانی رس داشته، سبب می‌گردد در دوره‌های خشک، شکاف‌های متعددی به شکل متقاطع در سازند به وجود آید. البته باید توجه داشت که گاهی ممکن است به جای شکاف و یا ترک، تونل ایجاد گردد. علی‌رغم ساختمان فیزیکی ساده این اشکال، مکانیسم تشکیل آن‌ها بسیار پیچیده است. عواملی را که در تشکیل آن‌ها دخالت دارند می‌توان به چند دسته شامل : عوامل سنگ بستر، عوامل خاک، عوامل فیزیوگرافی، عوامل اقلیمی و عوامل زیستی تقسیم کرد. این عوامل، همه به یک اندازه و وزن در ایجاد این اشکال نقش ندارند.

شمال دریای عمان، محدوده شهرستان جاسک در ناحیه مکران قرار دارد؛ این زون از رسوبات بستر دریا، سنگ‌های افیولیتی و رسوبات آب‌های سطحی تشکیل شده است. مکران جنوبی هزاران متر از فلیش‌ها و رسوبات فلیش گونه دوران ائوسن تا الیگوسن را دربرمی‌گیرد. گسترش زیاد رخساره فلیشی پالئوژن و همچنین رخساره مولاسی نئوژن در ساختمان کوه‌های مکران، نتیجه منطقی بین توالی تشکیل کوه‌ها و سپس رسوب‌گذاری مواد حاصل از تخریب آن‌ها در حوضه رسوبی مجاور می‌باشد. این رسوب‌ها شامل تناوبی از ماسه‌سنگ، شیل و رس هستند(علائی طالقانی، ۱۳۸۲). بخش عمده‌ای از فلیش‌های مکران در این محدوده تشکیل تپه ماهورهای بی شکل با فرسایش آبی زیاد یا هزاردره را می‌دهند؛ از مهم‌ترین اشکال ژئومورفولوژیکی این تپه ماهورها، فرسایش تونلی(پایپینگ) است که در برخی نواحی آن توسعه یافته و لوله‌های قطوری را در سازند ایجاد نموده و در برخی مناطق توسعه چندانی ندارد. همان‌گونه که ذکر شد، سازند فلیش مکران در شرایط خاصی از رسوبات ته دریا تشکیل شده و دارای ویژگی‌های رسوب‌شناسی خاص خود است؛ عوامل رسوب‌شناسی مؤثر بر تشکیل پایپینگ‌های مکران در شمال دریای عمان از جمله مسائلی است که فهم آن به شناخت بیشتر شرایط ژئومورفولوژیکی ایجاد آن‌ها در این منطقه می‌انجامد.

---

1 Piping
2 Badland

پژوهش‌هایی که تاکنون انجام شده است عمدتاً بر روی فرسایش سطحی و دینامیک روان آب‌ها در ایجاد خندق‌ها و فرایند گالی شدن اراضی تاکید داشته‌اند و به پدیده فرسایش تونلی توجه کمتری شده است. از جمله کانفورتری و همکاران[1] (۲۰۱۱) با استفاده از روش‌های آماری و ژئومرفولوژیکی در کنار فناوری سنجش از راه دور و جی‌آی‌اِس، فرسایش آبکندی را در بخشی از ایتالیا مورد بررسی قرار داده‌اند. توکگز[2] (۲۰۱۰)، با مطالعه نا پایداری شیب‌ها و آبکندهای بخش ساحلی شمالی استامبول ترکیه با استفاده از روش‌های ژئوفیزیکی و زمین شناسی، به نقش فعالیت‌های معدنی و آب‌های زیر زمینی در کنار ترکیب کانی شناسی (کانی‌های رسی) در وقوع این پدیده‌های مخرب می‌پردازد. وودی‌ویرا و کپس‌روچ[3](۲۰۰۹)، به بررسی تأثیر مواد آلی و کلسیم بر پایداری ساختمان خاک در ترینیداد پرداختند. همچنین دسکروکس و همکاران[4](۲۰۰۸)، با بررسی تاثیر رواناب بر میزان رسوب‌دهی فرسایش آبکندی و سطحی در منطقه سیرامادرای غربی پی بردند که با افزایش میزان روان آب بر میزان رسوب دهی ناشی از آن افزوده شده و این افزایش تولید رسوب در مورد فرسایش سطحی بیشتر بوده است. ویلسون و همکاران[5] (۲۰۰۸)، با بررسی تأثیر روان آب بر فرسایش آبکندی در اندونزی، نتیجه گرفتند که تحت شرایط جریان لوله‌ای روان آب، میزان هدر رفت خاک تقریباً ۲۰ برابر هدر رفت خاک، ناشی از فرسایش سطحی بوده است. بونلی و همکاران[6] (۲۰۰۷)، با کار آزمایشگاهی سعی در تدوین قوانین حاکم بر فرسایش تونلی نمودند؛ آن‌ها عنوان کردند که تست حفره فرسایشی، ابزاری مناسب و کارا برای تعیین میزان فرسایش تونلی در آزمایشگاه است. ناگاساکا و همکاران[7] (۲۰۰۵)، با بررسی رسوبات آبکندهای تشکیل شده در اراضی کشاورزی در ژاپن به این نتیجه رسیدند که آبکندهای منطقه ۳٤ درصد از کل رسوبات حوضه‌های منطقه را به خود اختصاص داده و قسمت اعظم رسوبات ریزدانه به سمت دریا منتقل می‌نماید.

والنتین[8] (۲۰۰۵) معتقد است فرسایش آبکندی که از چشم اندازهای معمول در مناطق کوهستانی نیمه خشک محسوب می‌شوند در سرعت رواناب‌ها بسیار موثرند. ساینور و همکاران[9] (۲۰۰۵)، معتقدند یک آبکند مجزا می‌تواند تا ۹۳۷۵۰ تن در کیلومتر در سال رسوب تولید نماید. رودریگرز و ری آلوز[10] (۲۰۰۵)، با پایش آبکندهای منطقه آیرلندیا در برزیل در یک دوره ۱۵ ماهه و اندازه گیری پارامترهای مورفومتریک

1 Conforti et.al.
2 Tokgoz
3 Wuddiviviria & CapsRoach
4 Descroix et.al.
5 Wilson et.al.
6 Bonelli et.al.
7 Nagasaka et.al.
8 Valentin
9 Saynor
10 Ries Alves,R.,et.al.

و رسم پروفیل عرضی آن‌ها در سه مقطع بالادست، میانی و پایین دست آبکند و با استفاده از نرم افزار اُتوکَد ١٤[1] میزان حجم خاک هدر رفته در آن‌ها را اندازه گیری و محاسبه کردند.

ری[2] (٢٠٠٣)، در مطالعه نقش پراکنش گیاهان در کاهش میزان رسوب خروجی از یک حوضه با رسوب مارنی و فرسایش آبکندی در فرانسه را مورد مطالعه قرارداد. این تحقیق نشان داد که فعالیت آبکندها با مقدار کل تاج پوشش در سطح کل حوضه آبخیز آبکندها همبستگی نداشته، در صورتی که این عامل حتی با میزان کم پوشش گیاهی در کف آبکند همبستگی بالایی نشان می‌دهد. گابریل و همکاران[3] (٢٠٠٣)، با بررسی آبکندهای روی تپه ماهورهای مجارستان در اروپای شرقی در یک دوره ٢٠٠ ساله به این نتیجه رسیدند که فرسایش آبکندی در روی شیب‌های شخم خورده در صورتی که شیب آن‌ها زیر ١٢ درصد باشد، در طول مدت ٥٠ تا ٦٠ سال منجر به توسعه سیستم آبکندی شده و توصیه می‌کنند که برای جلوگیری از این امر شیب‌های بیشتر از ١٧ درصد را نباید به هیچ وجه شخم زد.

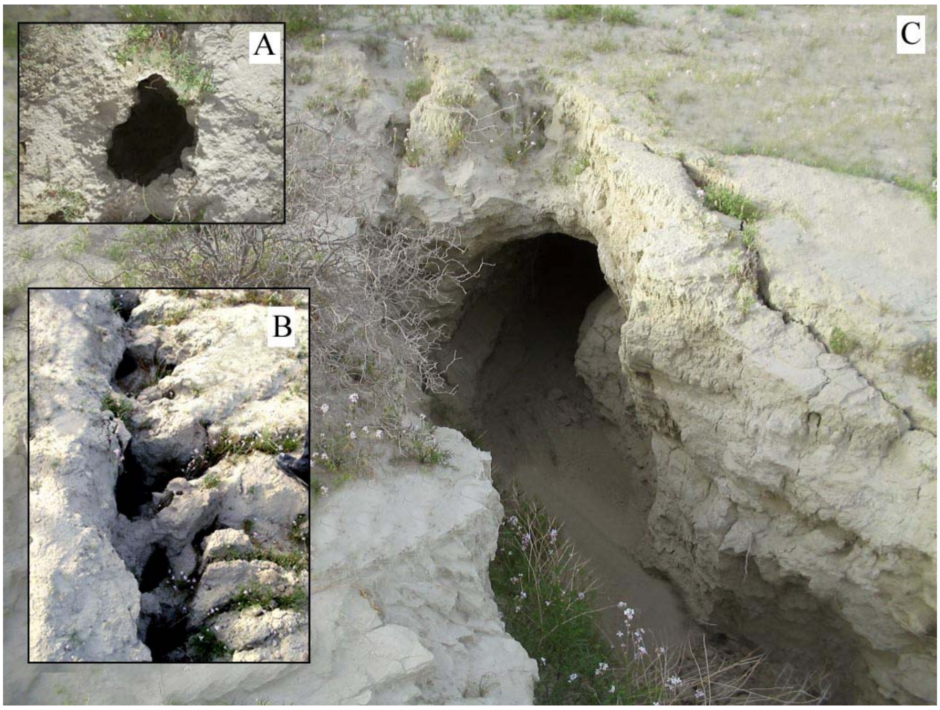
زارع مهرجردی و همکاران (١٣٨٤) آبکندهای استان هرمزگان را در سه طبقه اقلیمی فراخشک گرم، خشک بیابانی گرم و خشک بیابانی معتدل بررسی کرده و عنوان کردند که بیشترین تعداد آن‌ها در اقلیم فراخشک گرم قرار گرفته‌اند. صوفی (١٣٨٤) با بررسی و مطالعه عوامل موثر در گسترش آبکندهای جنوب فارس به این نتایج دست یافت که مناطق مهم آبکندی عمدتاً در اطراف مناطق توسعه شهری و تمرکز جمعیت می‌باشد و رابطه نزدیکی بین مساحت مناطق آبکندی با مساحت مناطق فاقد پوشش گیاهی و طول جاده خاکی وجود دارد. شجاعی(١٣٨٤) به بررسی ارتباط بین تغییرات کاربری اراضی با فرسایش خاک و تولید رسوب در بخشی از حوضه آبخیز زاینده رود پرداخته‌است. قرلی و همکاران(١٣٨٤) با بررسی خصوصیات اقلیمی و مورفولوژی آبکندهای استان قم عوامل موثر در ایجاد و گسترش آبکندهای منطقه را به دو بخش عوامل طبیعی و عوامل انسانی تقسیم نمودند. اختصاصی و همکاران(١٣٨٢) در مناطق تحت تأثیر فرسایش بادی استان یزد ، نقش نمک‌های غالب در فرسایش پذیری خاک با غلظت‌های مختلف سه نوع نمک طعام، گچ و آهک را مورد بررسی قرار دادند. صمدنژاد (١٣٨١) در مورد آبکندهای استان فارس، رابطه بین ریخت شناسی آبکند و برخی علل تشکیل آن‌ها را مورد بررسی قرارداد.

راهی (١٣٨٠) نقش عوامل زمین شناسی در تخریب اراضی و کمیت و کیفیت آب‌های زیر زمینی در استان بوشهر را مورد بررسی قرارداد. صوفی(١٣٧٩) علل ایجاد آبکندها را ناشی از تخریب اکوسیستم‌های طبیعی توسط انسان و تغییرات اقلیمی می‌داند. خلیلی (١٣٧٥)، به بررسی و مطالعه فرسایش آبکندی با تکیه بر خصوصیات مورفومتری آن پرداخت. وی معتقد است مطالعه مورفومتری آبکندها یک بررسی

1 Autocad 14
2 Rey
3 Gabrils et.al.

جدید و کمی در زمینه فرسایش آبکندی بوده که برای مشخص شدن ارتباط بین متغیرهای مورفومتری آبکندها، شناخت مهم‌ترین متغیرهای مورفومتری ظاهری آبکندها و تعیین روابط بین متغیرهای مورفومتری لازم می‌باشد.

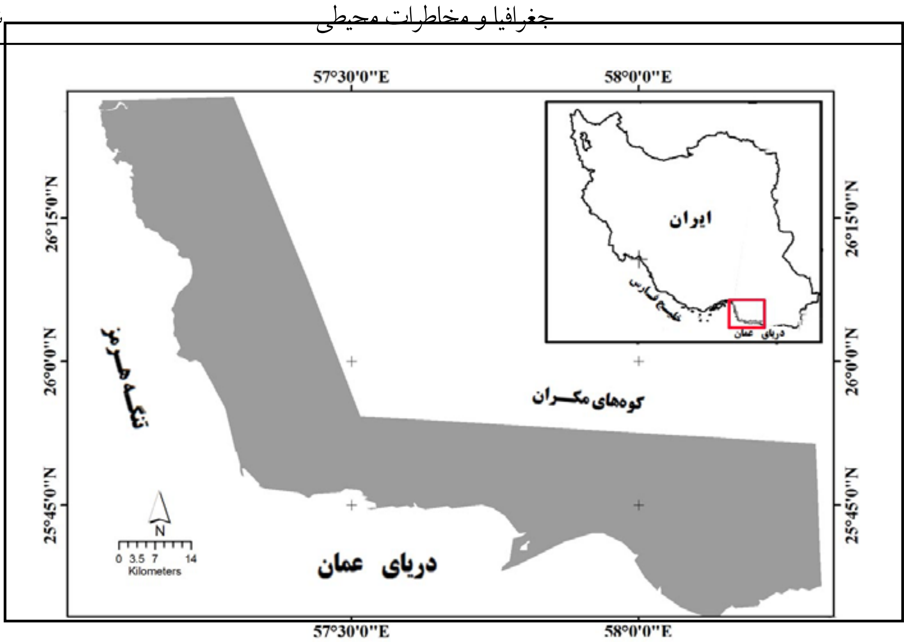
همان‌گونه که ذکر گردید، مکران جنوبی ضخامت زیادی از فلیش‌ها و رسوبات فلیش‌گونه دوران ائوسن تا الیگوسن را در بر می‌گیرد. بخش عمده‌ای از فلیش‌های مکران در این محدوده تشکیل تپه ماهورهای بی‌شکل با فرسایش آبی زیاد یا هزاردره را می‌دهند که در پهنه ایران منحصر به فرد هستند. از مهم‌ترین اشکال ژئومورفولوژیکی این تپه ماهورها، پایپینگ(فرسایش تونلی) است(شکل ۱). هدف اصلی این پژوهش نیز، تعیین ویژگی‌های رسوب شناسی تأثیر گذار در تشکیل و توسعه پایپینگ‌های این منطقه می‌باشد.



شکل ۱ نمونه هایی از فرسایش تونلی در رسوبات مارنی سازند فلیش مکران. در این شکل‌ها حفره‌های ناشی از ریزش سقف تونل ها دیده می شود.

۲. منطقه مورد مطالعه

منطقه مطالعاتی در سواحل دریای عمان، بین عرض ″ ۵۵ ′ ۳۸ °۲۵ تا ″ ۴۲ ′ ۲۲ ° ۲۶ شمالی و طول جغرافیائی ″ ۳۰ ′۴ °۵۷ تا ″ ۱۲ ′۷ °۵۸ شرقی قرار دارد. این منطقه از نظر تقسیمات کشوری جزو استان هرمزگان، شهرستان‌های سیریک و جاسک است. شکل ۲ موقعیت محدوده تحقیق را نشان می‌دهد.



شکل ۲ موقعیت نوار مورد مطالعه در شرق تنگه هرمز در استان هرمزگان

از نظر جنس رسوبات، منطقه، بخشی از منطقه تحت تاثیر زمین ساخت عمومی مکران می‌باشد که عمدتاً از لایه‌های فلیش و شبه فلیش متشکل از شیل، مارن و ماسه سنگ تشکیل شده است(نوحه‌گر و یمانی، ۱۳۸۵).

شکل گیری این منطقه از دوران سوم (نئوژن) شـروع و در دوران چهـارم نیـز ادامـه یافتـه اسـت. رونـد ساختمان زمین شناسی منطقه عمدتاً شرقی – غربی بوده و در مکـران سـاحلی کـه عمـدتاً از سـازند مکـران تشکیل شده، قرار گرفته است(شکل ۳).



شکل ۳ فراوانی چاله‌های کور که به فرسایش تونلی در گستره رسوبات مارن سبز سازند فلیش در شمال شرق جاسک منجر شده است. در مناطقی که ضخامت رسوبات مارنی افزایش می‌یابد، فرسایش تونلی از گستردگی بیشتری برخوردار است.

۳. مواد و روش‌ها

ویژگی‌های رسوب نظیر درصد آهک، گچ، هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع، اسیدیته، بافت، نوع کانی رسی، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم و ...، داده‌های این تحقیق می‌باشد. نقشه‌های توپوگرافی، نقشه‌های زمین‌شناسی، عکس‌های هوائی، تصاویر ماهواره‌ای، ادوات آزمایشگاهی، جی‌پی‌اِس و نیز نرم‌افزارهای رایانه‌ای اِلویس، آرک‌جی‌آی‌اِس و مینی‌تَب، ابزار تحقیق هستند.

روش مطالعه را می‌توان در چند بخش تقسیم بندی کرد:

الف) مطالعات ژئومورفولوژی: در این بخش با استفاده از مدارک موجود و بازدید صحرایی، نقشه پهنه بندی پراکنش لندفرم‌های محدوده بدلندهای مکران ترسیم و قلمروهای دارای فرسایش تونلی یا فاقد آن مشخص شد (شکل ٤).

ب) انتخاب سایت‌های نمونه برداری رسوب: برای انتخاب محل نمونه‌گیری، ابتدا بر روی نقشه، نواری به پهنای ۱۰۰۰ متر موازی و در دو طرف جاده اصلی سیریک به جاسک و لیردف، به نحوی انتخاب شد که قابلیت دسترسی از جاده اصلی و جاده‌های خاکی منتهی به منطقه را با کمی پیاده‌روی داشته باشد؛ با شبکه‌بندی لندفرم‌ها در محدوده نوار مذکور، در ابتدا ۳۰ نقطه در لندفرم دارای فرسایش تونلی و ۲۰ نقطه در لندفرم‌های فاقد فرسایش تونلی مشخص و بر روی نقشه علامت‌گذاری شد. سپس با توجه به محدودیت هزینه و ...، از بین آن‌ها به طور تصادفی ٥-٤ نقطه انتخاب شد که قابلیت پردازش آماری نیز داشته باشد.

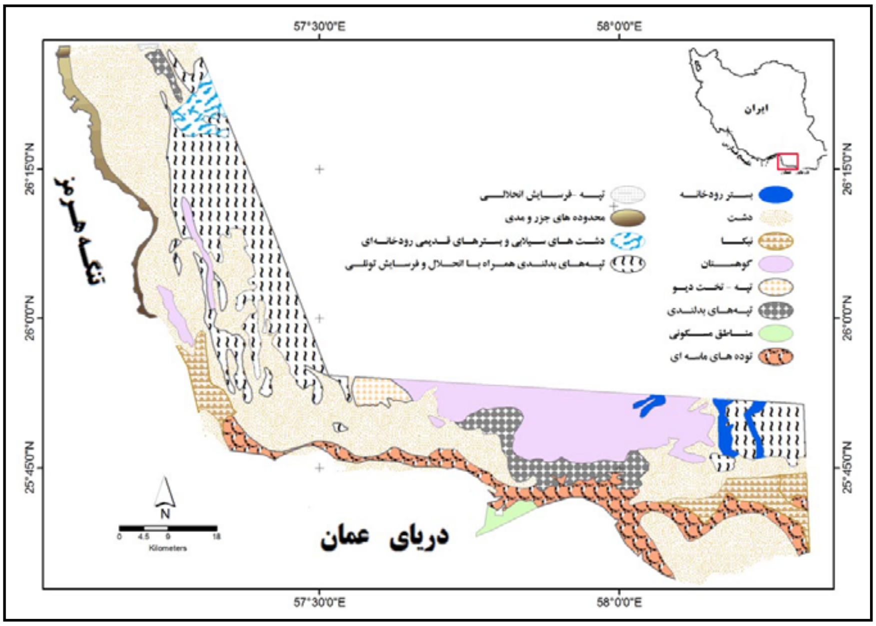
ج) نمونه برداری رسوب: برای نمونه‌گیری با در دست داشتن مختصات نقاط و مراجعه به عرصه و یافتن محل دقیق به کمک جی‌پی‌اِس از دهانه نزدیک‌ترین پایپینگ به نقطه انتخابی نمونه‌گیری رسوب انجام شد. برای اخذ نمونه از لندفرم بدون فرسایش تونلی، از همان محل (مختصات) تعیین شده، نمونه رسوب اخذ گردید. به منظور کاهش اثرات عوامل جوی بر نمونه‌های برداشت‌شده، قبل از نمونه‌گیری رسوب، ۱۵ سانتی‌متر از لایه رویی رسوب، کنار زده و لایه زیر آن برداشت گردید.

د)کار آزمایشگاهی: نمونه‌های برداشت شده به آزمایشگاه خاک و رسوب منتقل و عامل‌هایی نظیر آهک، گچ، بافت، نوع کانی رسی و ... مشخص شد.

د) تحلیل آماری و تدوین نتایج: نتایج آزمایشگاهی با آزمون‌های مختلف آماری در برنامه می‌نی‌تَب برازش شد. آزمون تجزیه واریانس یک سویه[1] به عنوان آزمون مناسب، انتخاب شد. به کمک این آزمون داده‌های مربوط به منطقه نمونه و شاهدها با هم مقایسه و تحلیل گردید.

---

1 OneWay Analysis of Variance



شکل ٤ پهنه بندی لندفرمی محدوده مورد مطالعه

٤. بحث و نتایج

ویژگی‌های رسوب‌شناسی حاصل از نتایج آزمایشگاهی نمونه‌های برداشت شده، به تفکیک مناطق دارا و بدون فرسایش تونلی، در جدول ۱ نشان داده شده است. در جداول ۲ و ۳، نتایج تحلیل آماری داده‌های آزمایشگاهی ویژگی‌های رسوب‌شناسی مربوط به مناطق دارا و بدون فرسایش تونلی، با یکدیگر مقایسه شده است. منظور از سطح ۱، داده‌های مناطق بدون فرسایش تونلی و سطح۲ ، داده‌های مناطق دارای فرسایش تونلی است.

جدول ۱ ویژگی‌های رسوب‌شناسی نمونه‌های رسوب

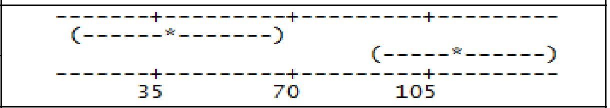
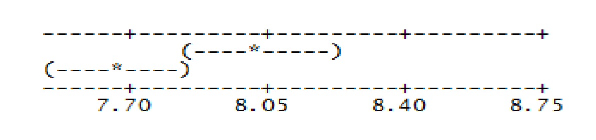
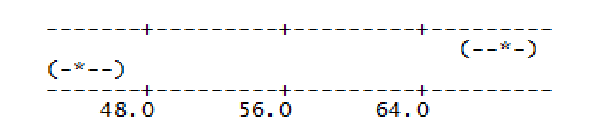
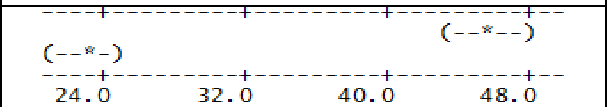
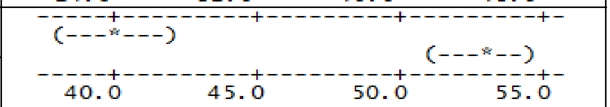
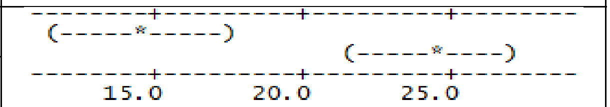
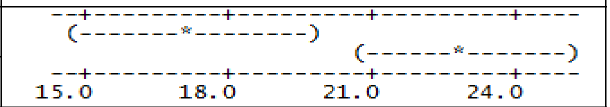
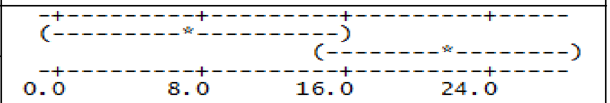
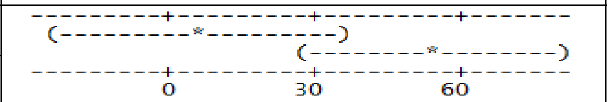
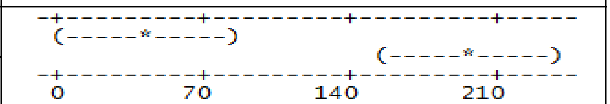
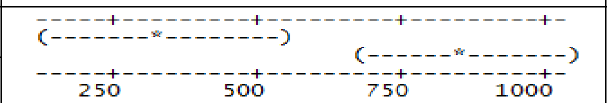
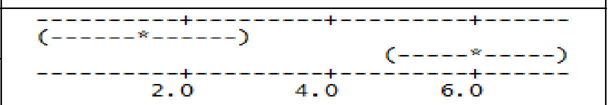
ردیف	مشخصات	هدایت الکتریکی dS/m	اسیدیته	اشباع خاک	رس٪	سیلت٪	ماسه٪	آهک٪	گچ٪	منیزیم meq/lit	کلسیم meq/lit	سدیم meq/lit	پتاسیم meq/lit
۱	شاهد۱	٤٨/١	٨/٦٨	٦٥	٤٢	٤٠	١٨	١٦/٢٥	٧/٢٨	٤	٣٦	٤٣٦/٣٠	١/٥٣
۲	شاهد۲	٣٨/٩	٨/٢٨	٦٩	٤٦	٤٠	١٤	٢٠/٧٥	٤/٥٨	٨	٥٢	٣١٤/١٣	١/٤٦
۳	شاهد۳	٢٧/١	٨/٥١	٧١	٤٨	٤٠	١٢	١٨/٢٥	٤/٥٢	٤	٣٠	٢٣١/٢٣	١/٢٦
٤	شاهد٤	٤٢/٤	٨/٣٣	٦٩	٤٦	٤٠	١٤	١٣/٢٥	١٣/٧٧	١٠	٥٠	٣٥٧/٧٦	١/٤٩
٥	نمونه ١	١٠٥/٩	٧/٦٨	٤٤	٢٢	٥٦	٢٢	٢٣/٥	٢٣/٦٦	٩٢	٢٢٠	٧٤١/٧١	٥/٧٤
٦	نمونه ٢	٧٣/٧٨	٧/٧٦	٤٤	٢٢	٥٠	٢٨	٢٣/٧٥	١٣/٢	٢٨	١٥٤	٥٤٩/٧٣	٣/٨٢
٧	نمونه ٣	١٢٣/١٥	٧/٦٦	٤٤	٢٢	٥٢	٢٦	٢٢/٢٥	٣٢/٨	٢٠	٢٣٠	٩٥٩/٨٦	٦/٤٦
٨	نمونه ٤	١١٠/١٤	٧/٧٨	٤٥	٢٤	٥٤	٢٢	٢٢	١٣/٩٨	٤٤	١٣٦	٨٧٢/٦	٥/٣٤
٩	نمونه ٥	١٥٣/٧٣	٧/٤٤	٤٥	٢٤	٥٢	٢٤	٢٢/٧٥	٢٤/٩٤	٩٠	٢٥٠	١١٣٤/٣٨	٦/٩٤

جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس یک‌سویه[1] در تحلیل آماری داده‌های رسوب‌شناسی

عامل	منبع تغییرات	مجموع مربعات	میانگین مربعات	درجه آزادی	F	P
هدایت الکتریکی	تیمار	۱۲۲٤۰	۱۲۲٤۰	۱	۲۳/۸٤	۰/۰۰۰
	خطا	۳۵۹٤	۵۱۳	۷		
	مجموع	۱۵۸۳٤		۸		
اسیدیته گل اشباع	تیمار	۱/۳۷۲۹	۱/۳۷۲۹	۱	۵۵/۵۸	۰/۰۰۰
	خطا	۰/۱۷۲۹	۰/۰۲٤۷	۷		
	مجموع	۱/۵٤۵۸		۸		
درصد اشباع خاک	تیمار	۱۲۹۰/٦۹	۱۲۹۰/٦۹	۱	٤٤۷/۲۷	۰/۰۰۰
	خطا	۲۰/۲۰	۲/۸۹	۷		
	مجموع	۱۳۱۰/۸۹		۸		
درصد رس	تیمار	۱۱٤۵/۰۹	۱۱٤۵/۰۹	۱	۳۳٦/۷۹	۰/۰۰۰
	خطا	۲۳/۸۰	۳/٤۰	۷		
	مجموع	۱۱٦۸/۸۹		۸		
درصد سیلت	تیمار	۳٦٤/۰۹	۳٦٤/۰۹	۱	۱۲۲/۵۳	۰/۰۰۰
	خطا	۲۰/۸۰	۲/۹۷	۷		
	مجموع	۳۸٤/۸۹		۸		
درصد ماسه	تیمار	۲۱۷/۸۰	۲۱۷/۸۰	۱	۳۳/۰۰	۰/۰۰۰
	خطا	٤٦/۲۰	۲/٦۰۸	۷		
	مجموع	۲٦٤/۰۰		۸		
درصد آهک	تیمار	۷۲/۸۳	۷۲/۸۳	۱	۱۵/٦۸	۰/۰۰۵
	خطا	۳۲/۵۱	٤/٦٤	۷		
	مجموع	۱۰۵/۳۵		۸		
درصد گچ	تیمار	٤٤٦/۷	٤٤٦/۷	۱	۹/۵۹	۰/۰۱۷
	خطا	۳۲٦/۲	٤٦/٦	۷		
	مجموع	۷۷۲/۹		۸		
یون منیزیم	تیمار	۵۱۸٤	۵۱۸٤	۱	۷/۷۳	۰/۰۲۷
	خطا	٤٦۹٦	٦۷۱	۷		
	مجموع	۹۸۸۰		۸		
یون کلسیم	تیمار	۵٤۰۸۰	۵٤۰۸۰	۱	۳٦/٦۳	۰/۰۰۰
	خطا	۱۰۳۳٦	۱٤۷۷	۷		
	مجموع	٦٤٤۱٦		۸		
یون سدیم	تیمار	۵۹۳۵۱۸	۵۹۳۵۱۸	۱	۳٦/٦۳	۰/۰۰۳
	خطا	۲۱۷۳۱۰	۳۱۰٤٤	۷		
	مجموع	۸۱۰۸۲۹		۸		
یون پتاسیم	تیمار	٤۷/۵۳	٤۷/۵۳	۱	۳۵/٦٤	۰/۰۰۰
	خطا	۹/۳٤	۱/۳۳	۷		
	مجموع	۵٦/۸۷		۸		

1 OneWay Analysis of Variance

جدول ۳ انحراف معیار سطوح مختلف آزمون برای عامل‌ها

عامل	سطح	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار	حدود اعتماد میانگین بر مبنای انحراف معیار آمیخته
هدایت الکتریکی	۱	٤	۳۹/۱۲	۸/۸۷	
	۲	٥	۱۱۳/۳٤	۲۸/۹۷	
اسیدیته گل اشباع	۱	٤	۸/٤٥۰۰	۰/۱۸۲٤	
	۲	٥	۷/٦٦٤۰	۰/۱۳٥۲	
درصد اشباع خاک	۱	٤	٦۸/٥۰۰	۲/٥۱۷	
	۲	٥	٤٤/٤۰۰	۰/٥٤۸	
درصد رس	۱	٤	٤٥/٥۰۰	۲/٥۱۷	
	۲	٥	۲۲/۸۰۰	۱/۰۹٥	
درصد سیلت	۱	٤	٤۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	
	۲	٥	٥۲/۸۰۰	۲/۲۸۰	
درصد ماسه	۱	٤	۱٤/٥۰۰	۲/٥۱۷	
	۲	٥	۲٤/٤۰۰	۲/٦۰۸	
درصد آهک	۱	٤	۱۷/۱۲٥	۳/۱۷۲	
	۲	٥	۲۲/۸٥۰	۰/۷٦۲	
درصد گچ	۱	٤	۷/٥۳۸	٤/۳٥۰	
	۲	٥	۲۱/۷۱۷	۸/۲۰۷	
یون منیزیم	۱	٤	٦/٥۰	۳/۰۰	
	۲	٥	٥٤/۸۰	۳٤/۱٦	
یون کلسیم	۱	٤	٤۲/۰۰	۱۰/۷۱	
	۲	٥	۱۹۸/۰۰	٤۹/۹۸	
یون سدیم	۱	٤	۳۳٤/۹	۸٥/٦	
	۲	٥	۸٥۱/۷	۲۲۱/۰	
یون پتاسیم	۱	٤	۱/٤۳٥	۰/۱۲۰	
	۲	٥	٦/۰٦۰	۱/٥۲٤	

همان‌گونه که در جداول ۲ و ۳ و شکل ٥ مشاهده می‌گردد:

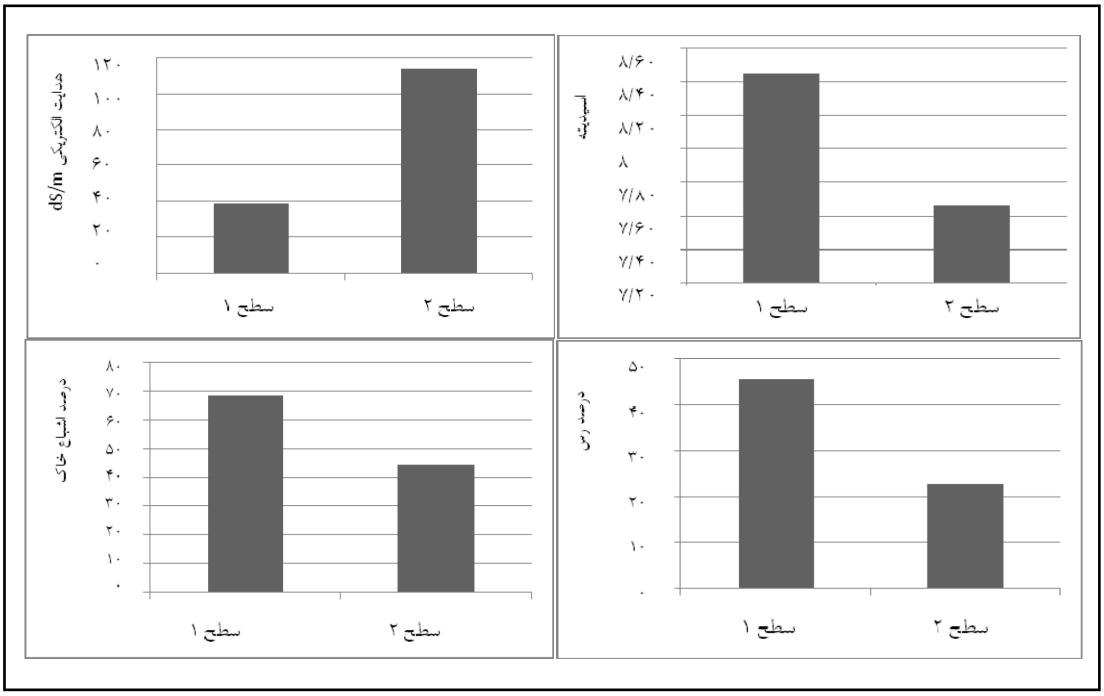
۱- فرسایش تونلی با اسیدیته گل اشباع، هدایت الکتریکی، درصد رس، سیلت و ماسه، درصد آهک، یون‌های کلسیم، سدیم و پتاسیم، در سطح معنی‌داری ۱٪ رابطه دارد.

۲- فرسایش تونلی با درصد گچ رسوب[1] و یون منیزیم، در سطح معنی‌داری ۵٪ رابطه دارد.

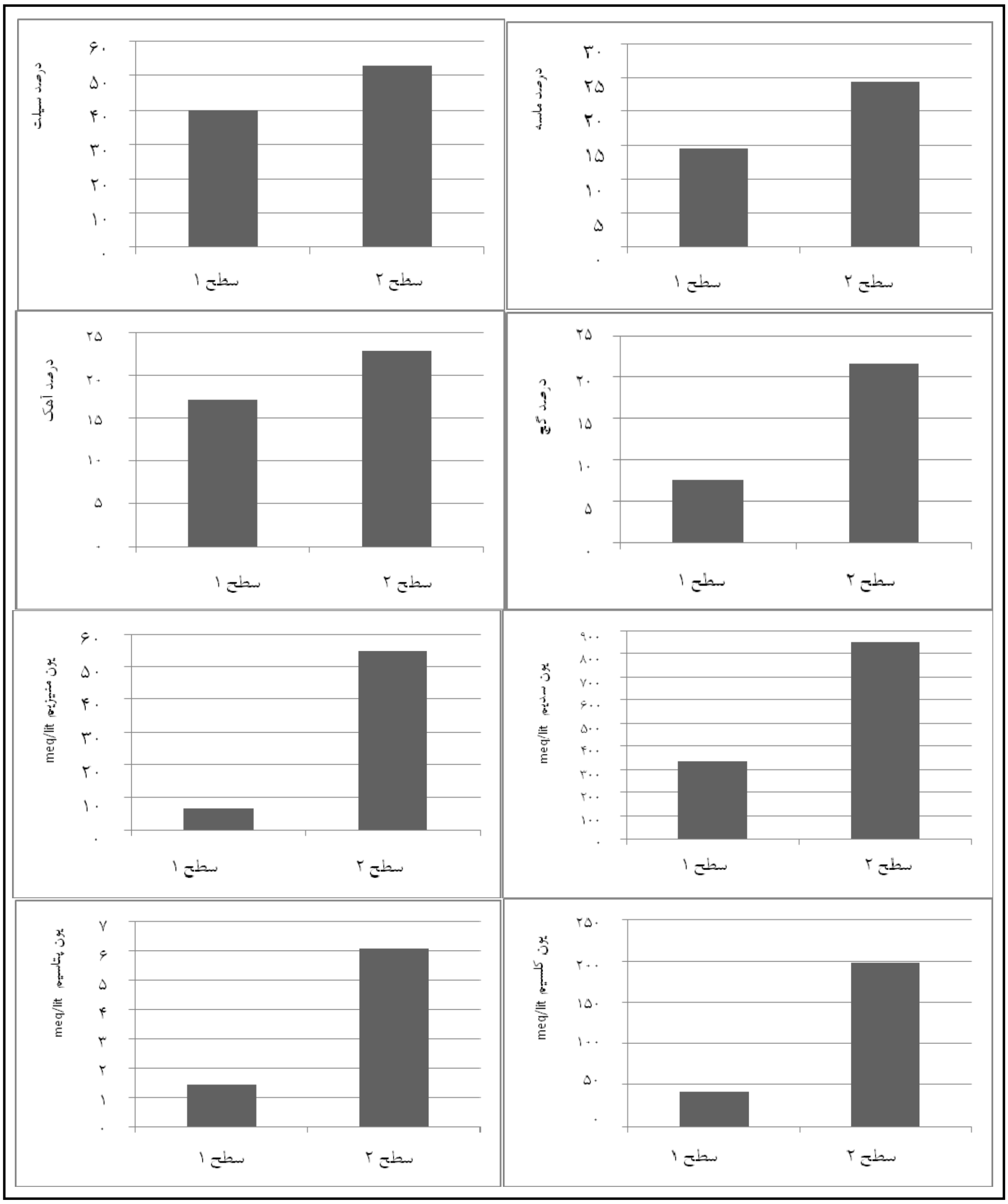
۳- عوامل هدایت الکتریکی گل اشباع، درصد سیلت، درصد ماسه، درصد آهک، درصد گچ، یون منیزیم، یون کلسیم، یون سدیم و یون پتاسیم، با ایجاد فرسایش تونلی، رابطه مستقیم دارند.

٤- عوامل اسیدیته گل اشباع، درصد اشباع رسوب و درصد رس، با ایجاد فرسایش تونلی، رابطه معکوس دارند.

از بین ویژگی‌های رسوب‌شناسی مورد مطالعه در سازند فلیش مکران، هدایت الکتریکی گل اشباع، درصد سیلت، درصد ماسه، درصد آهک، درصد گچ، یون منیزیم، یون کلسیم، یون سدیم و یون پتاسیم، موجب حساسیت سازند و اسیدیته گل اشباع، درصد اشباع رسوب و درصد رس، باعث مقاومت سازند در مقابل فرسایش تونلی شده‌اند. از بین عوامل ذکر شده، اسیدیته گل اشباع، هدایت الکتریکی، درصد رس، سیلت و ماسه، درصد آهک، یون‌های کلسیم، سدیم و پتاسیم بیشترین تأثیر را در مقاومت یا حساسیت سازند به فرسایش تونلی داشته‌اند(جداول ۲ و ۳ و شکل ۵).



1 Caso4



شکل ۵ مقایسه میانگین عامل‌ها (ویژگی‌های رسوب شناسی) در سطح ۱(مناطق بدون توسعه فرسایش تونلی) و سطح ۲ (مناطق با فرسایش تونلی) در سازند فلیش مکران

۵. نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌ها، اسیدیته گل اشباع، هدایت الکتریکی، درصد رس، سیلت و ماسه رسوب، یون‌های کلسیم، پتاسیم، سدیم و درصد آهک، به ترتیب مؤثرترین عوامل رسوب‌شناسی بر ایجاد فرسایش تونلی در منطقه مورد تحقیق

می‌باشند؛ هرچند که درصد گچ رسوب و میزان یون منیزیم نیز در رده‌های بعدی بر فرسایش تونلی منطقه مؤثرند. از بین عوامل ذکر شده، هدایت الکتریکی گل اشباع، درصد سیلت، درصد ماسه، درصد آهک، درصد گچ، یون منیزیم، یون کلسیم، یون سدیم و یون پتاسیم، موجب حساسیت سازند و اسیدیته گل اشباع، درصد اشباع رسوب و درصد رس، باعث مقاومت سازند در مقابل فرسایش تونلی شده‌اند. این نتیجه با نتایج تحقیقات زیر همخوانی دارد:

بر اساس یافته‌های کانفورتری و همکاران[1] (۲۰۱۱)، نوع و میزان فرسایش آبکندی متأثر از برآیند تأثیر عواملی چون ترکیب سنگ شناسی، کاربری اراضی، میزان پیچش و قدرت روان آب‌ها، نسبت طول –شیب آبراهه‌ها و رطوبت زمین است. نتایج تحقیقات وودی‌ویرا و کمپس روچ[2] (۲۰۰۹)، نشان داد که یون کلسیم تأثیر مثبتی بر پایداری ساختمان رسوب دارد، امّا در رسوب‌های حاوی کلسیم فراوان، ذرات رس پراکندگی زیادی دارند و با اضافه کردن مقدار ماده آلی از میزان پراکندگی ذرات رسوب کاسته می‌شود.

نتایج تحقیق آرچیبولد و همکاران[3] (۲۰۰۳) نشان داد خصوصیات رسوب‌شناسی مناطق دارای فرسایش آبکندی از جمله عوامل مهم در گسترش آبکندها است. واندکرکف و همکاران[4] (۲۰۰۰) نیز با مطالعه آبکندهای تشکیل شده در دو منطقه متفاوت از نظر سنگ شناسی، پستی و بلندی واقلیم در نواحی مدیترانه‌ای به این نتیجه رسیدند که اختلاف در عوامل ایجاد آبکندها در این دو منطقه نه تنها مربوط به ویژگی‌های متفاوت سنگ شناسی و توپوگرافی آن‌ها بود، بلکه اختلاف اقلیم دو منطقه را نیز دلیلی برای این مسئله گزارش کردند.

بررسی‌های تامسون[5] (۱۹۸۹) هم نشان داد عواملی مثل شیب بالادست خندق، میزان املاح موجود در سازند، افزایش بارندگی بیش از ۱۳ میلیمتر در ۲۴ ساعت، مواد ریز دانه (< ۰/۰۰۵ mm). وضعیت زهکشی در قسمت بالادست خندق و قابلیت انحلال‌پذیری سازند در ایجاد و توسعه خندق موثر است.

سلیمان پور و همکاران (۱۳۸۹) با مطالعه فرسایش آبکندی در استان فارس به این نتیجه رسیدند که شیب ، قابلیت هدایت الکتریکی زمین، اسیدیته رسوب و پوشش گیاهی رابطه معناداری با حجم فرسایش آبکندی دارند. سه عامل اول رابطه مثبت و عامل چهارم، رابطه منفی با این مهم از خود نشان می‌دهند. عیسائی و همکاران(۱۳۸۶) در بررسی عوامل مؤثر بر فرسایش تونلی اراضی حاشیه رودخانه اترک به این نتیجه رسیدند که صفاتی مثل کلسیم، ماده آلی و اسیدیته، نسبت به سایر صفات با ویژگی‌های فرسایش تونلی، همبستگی بیشتری دارند.

بررسی رنگ آور و همکاران (۱۳۸٤) نشان می‌دهد بیشتر نواحی مبتلا به فرسایش آبکندی در تشکیلات حساس به فرسایش از قبیل مارن‌ها که ریزدانه و توأم با املاح هستند، ایجاد شده‌اند. به گفته قرلی و همکاران(۱۳۸٤)، املاح زیاد در

---

1 Conforti et.al.
2 Wuddiviviria.CapsRoach
3 Archibold et.al.
4 Vandekerckhove et.al.
5 Tamson

رسوب به ویژه سدیم، یکی از عوامل طبیعی در تشکیل آبکندها است که علاوه بر پراکندگی خاک دانه‌ها و تشکیل سله در سطح خاک، موجب تشدید فرآیند لوله‌ای شدن و گسترش آبکندهای استان قم می‌شود.

مشهدی(۱۳۷۹) در مطالعه‌ای در جنوب سمنان عنوان کرد که در ایجاد اشکال شبه کارست به ویژه فرسایش تونلی، علاوه بر شستشوی ذرات و انحلال، فیزیوگرافی، بافت سازند و جنس سنگ مادر، میزان و نسبت املاح گوناگون نسبت به یکدیگر، شیب هیدرولیکی و میزان و شدت بارندگی دخالت داشته‌اند.

پرورش (۱۳۷۱) در مطالعات خود پیرامون علل ایجاد فرسایش آبکندی در بندر لنگه عنوان می‌کند که این رخساره در شیب ۰ تا ۲ درصد و در مناطقی که قبلاً مراتع مشجر بوده‌اند، مشاهده شده است. رسوب این مناطق به دلیل داشتن املاح گچ و نمک سست بوده، به گونه‌ای که میزان گچ آن بین ٥٦ الی ٥٨ درصد، شوری بین ۳,۹۷ تا ١٤,٧ میلی موس بر سانتی متر بوده و کانی‌های تشکیل دهنده آن به ترتیب فراوانی شامل کلسیت، دولومیت، گچ ،ایلیت،کوارتز، فلدسپات است.

فهرست منابع و مآخذ

اختصاصی،محمدرضا، اخوان گلباف، محمد. حسین‌زاده، حمیدرضا. امتحانی، محمدحسین. (۱۳۸۲). مطالعه تغییرات فرسایش پذیری بادی رسوب در مقابل املاح مختلف به کمک دستگاه سنجش فرسایش بادی. مجله منابع طبیعی ایران. جلد ٥٦. شماره۱و۲. صص۱۷–۲۸.

پرورش، الیاس. (۱۳۷۱). بررسی روابط ژئومرفولوژی با فرسایش در آبخیز گریز شهرستان بندر لنگه (با تاکید بر فرسایش آکندی). پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیز داری. راهنما: احمدی، حسن. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران. ۱۸۳ ص.

خلیلی، ناصر. (۱۳۷۵). بررسی فرسایش خندقی با تاکید بر خصوصیات مورفومتری خندق‌ها، سمینار کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری. دانشگاه تربیت مدرس. استاد راهنما: حسن احمدی.

راهی، غلامرضا.(۱۳۷۷). بررسی مکانیزم و علل تشکیل خندق در بندر گناوه. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس، استاد راهنما: حسن احمدی، ص ۱۳۱.

رنگ آور، عبدالصالح و همکاران. (١٣٨٤). بررسی ویژگی‌های مورفوکلیماتیک آبکندهای استان خراسان. چاپ در مجموعه مقالات سومین همایش ملی فرسایش و رسوب. تهران. مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور. صص ۷–۱۸

زارع مهرجردی، محمد، صوفی، مجید. چوپانی، سعید. برخورداری، جلال. (١٣٨٤). بررسی ارتباط بین اقلیم و مناطق آبکندی در استان هرمزگان. دومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک کرمان. صص ٢٤٥٤–٢٤٦٢

سلیمان پور، سیدمسعود و همکاران. (۱۳۸۹). بررسی عوامل موثر خاک سطحی و شیب بر حجم فرسایش آبکندی در استان فارس. مجموعه مقالات ششمین همایش ملی علوم مهندسی آبخیزداری وچهارمین همایش ملی فرسایش و رسوب. دانشگاه تربیت مدرس. تهران. صص ۹۸– ۱۰۵

شجاعی، غلامرضا. (١٣٨٤). بررسی ارتباط بین تغییرات کاربری اراضی با فرسایش خاک و تولید رسوب در بخشی از حوزه آبخیز زاینده رود. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری. دانشگاه تربیت مدرس. استاد راهنما: حمیدرضا صادقی، صص ۸۷–۹۲.

صمد نژاد، عبدالحسین. (۱۳۸۱). بررسی علل اصلی ایجاد فرسایش آبکندی در استان فارس. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس. استاد راهما: مجید صوفی،صص٥٦-٧٢.

صوفی، مجید. (۱۳۷۹). علل ایجاد و عکس‌العمل سیستم‌های ژئومتریک. مجموعه مقالات دومین همایش فرسایش و رسوب. تهران. مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور.صص ۳۷ – ۵۱

صوفی، مجید. (١٣٨٤). تبعیت تأثیر تخریب پوشش گیاهی و توسعه شهری در گسترش آبکندها در جنوب استان فارس. مجموعه مقالات دومین همایش فرسایش و رسوب. تهران. مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور.صص ۳۵۰-۳۵۵.

علائی طالقانی، محمود. (۱۳۸۲). ژئومورفولوژی ایران. نشر قومس. ٤٠٤ص.

عیسائی، حسین. پارسائی، لطف‌اله. (١٣٨٦). بررسی برخی عوامل موثر بر فرسایش پایپینگ در اراضی حاشیه جنوبی رودخانه اترک در استان گلستان. مجموعه مقالات چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری و مدیریت حوضه‌های آبخیز،ص۳۵۱.

قرلی، حمیدرضا. فتاحی، محمد مهدی. صوفی، مجید. (١٣٨٤). بررسی خصوصیات اقلیمی و مورفولوژیک آبکندها (مطالعه موردی: استان قم) مجموعه مقالات سومین همایش فرسایش و رسوب، تهران. ١٢٤-١٢٨

مشهدی، ناصر. (۱۳۷۹). مطالعه اشکال شبه کارست با تاکید بر فرسایش Piping مطالعه موردی جنوب سمنان. مجله بیابان. جلد ۵ شماره ۲. صص ٥١-٦٤.

نوحه‌گر، احمد. یمانی، مجتبی. (۱۳۸۵). ژئومورفولوژی ساحل شرقی تنگه هرمز. انتشارات دانشگاه هرمزگان. ۲۵۰ص.

Alaei Taleghani, M., 2003. Geomorphology of Iran. Ghoomes Publishing Company Ltd. Tehran, Iran, 404pp.

Archibold, O.W., Levesque, J.M.L., Boer, D., Aitken, A. E., and Delanoy, L., 2003. Gully retreat in a semi-urban catchment in Saskatoon. Journal of Applied Geomorphology 23, 261-279.

Bonelli, S., Brivios, O., R., Benhamed, N., 2007. The scaling law of piping erosion. 18end Congress of Mechanique. 27-31.

Conforti, M., Aucelli, P.P.C., Robustelli, G., and Scarciglia, F., 2011. Geomorphology and GIS analysis for mapping gully erosion susceptibility in Turbolo stream Cat chment. Northern Calabria, Italy Natural Hazards 56, 881- 898.

Descroix,L., Gonlzales Barrios,J.L., varmontes,D., poulernared,J., Anaya,E., Esteves, M., Estrada,J., 2008. Gully and sheet erosion on subtropical mountain slopes: their respective roles and the scale effect. Catena 72, 325-339.

Eesaee, H., Parsaee, L., 2007. Survey of some affective factors on Piping Erosion in south area of Atrak River in Golestan Province. 4th Symposium on Watershed and Basin Management, 351pp.

Ekhtesasi, M.R., Akhavan Ghalibaf, M., Azimzadeh, H.R., Emtehani, M.H., 2003. Effects of Salts on Erodibility of Soil by Wind. Iranian Journal of Natural Resources 56, 17-28.

Gabrils,G., kertesz, A.and zambo, L., 2003. Land use change and formation over last 200 years in hilly catchment. Catena 50, 151-164.

Ghorli, H.R., Fattahi M.M., Soufi, M., 2005. Survey of Climatic and Morphologic Characteristics of Gullies(Case study: Qum Province). Third Symposium of Erosion and Soil Conservation. Tehran, Iran, 124-128.

Khalili, N., 1996. Survey of Gully Erosion with emphasis on Gullies morphmetric characteristics. M.Sc. Seminar at Watershed Management, University of Tarbiat Modares, under supervision of Dr. Hassan Ahmadi.

Mashhadi, N., 2000. Study of the Pseudokarst Landforms (Piping Erosion) in South of Semnan, Biaban 5, 51-64

Nagasaka, A., yanai, S., Sato, H. and Hasegawa, S., 2005. Soil erosion and gully growth associated with cultivation in south Western Hokaido. Japan, Journal of Ecology Engineering 24, 203-508.

Nohegar, A., Yamani, M., 2006. The Coastal geomorphology of east Hormoz Strait With focus on wind erosion, Hormozgan University press, 250pp.

Parvaresh, E., 1994. The relationship between Geomorphology and Erosion in Gezir basin Bandar-e- Lengeh County, M.Sc. thesis at Watershed Management, University of Tehran, under supervision of Dr. Hassan Ahmadi, 183pp.

Poesen, J., Nachtergaele, J., Verstraeten, G., Valentin, C., 2003. Gully erosion and environmental change: importance and research needs.Catena 50, 91-133.

Rahi, G., 1998. Survey of Gullies Mechanism in Bandar-e-Genaveh, M.Sc. thesis at Watershed Management. University of Tarbiat Modares. under supervision of Dr. Hassan Ahmadi, 131Pp.

Rangavar, A., et.al, 2005. Survey of Khorasan Province Gullies Morphclimatic Characteristics, Third Soil Conservation Symposium. Soil Conservation and Watershed Management Research Center, 7-18.

Rey, F., 2003. Influenceof vegetation distribution on sediment yield in forest marly gullies. Catena 50, 549-562.

Ries Alves, R., Rodrigues, S., 2005. Gully's Monitoring Morfometric and Sediments study at Brazil's savanna. Sociedade & Natureza, Uberlândia, Special Issue. 295-304.

Samadnejhad, A., 2002. Study of the main causes of gully erosion in Farse province. M.Sc. thesis at Watershed Management. University of Tarbiat Modares, under supervision of Dr. Majid Soofi, pp 56-82.

Saynor, C., 2005. Soil erosion definitions. California geology 30, 202-205.

Shojaee, G., 2005. Survey of the relationship between Landuse changes with soil erosion and sediment budget in portion of Zayanderoud Basin. M.Sc. thesis at Watershed Management. University of Tarbiat Modares. under supervision of Dr. Hamid Reza Sadeghi, pp 87-92.

Solimanpoor, S.M., et.al, 2010. Survey of Slope and Surface Soil effective factors on Gullies Eroded Volume, Sixth Symposium on W.atershed Management and Forth Symposium on Erosion and Soil Conservation. University of Tarbiat Modares Tehran, Iran, 98-105.

Soofi, M., 2000. The causes and reactions of geometric systems. Second Symposium on Erosion and Sediment. Soil Conservation and Watershed Management Research Center, 37-51.

Soofi, M., 2005. Effect of the destruction of vegetation and urban development in the expanding gullies in south of Fars province. Third Symposium on Erosion and Sediment. Soil Conservation and Watershed Management Research Center, 350-355.

Tamson, J., 1989. Condition for Gully formation in the Belgian loam belt and some ways to control them. Soil technology series 1, 39- 58.

Tokgoz, N., 2010. Environ Gully Complex during post coal mining reclamation and afforestation. Earth Science 59, 1559- 1567.

Valentin, C., poesen. J., Li, Y., 2005. Gully erosion: impacts factors and control. Catena 63,132-153.

Vandekerckhove, L., poesen, J., Oostwaud Wijdenes, D., Gyssels, G., Beuselinck, L. and DeLuna, T., 2000. Characterisitsc and controlling factors of bank gullies in two semi-arid Mediterranean environments. Journal of Geomorphology. 33, 37-58.

Wilson, G.V., Cullum, R.F., Romkens, M.J.M., 2008. Ephemeral Gully erosion by preferential flow through a discontinuous soil-pipe. Catena. 73, 98-106.

Wuddiviria, M.N. and Caps-Roach, G., 2009. Effects of organic matter and calcium on soil structural stability. Geoderma . 65(1-4), 124-131

Zare Mehrjerdi, M., Soufi, M., Choupani, S., Barkhordari, J., 2009. The Relationship between Climate and Gully area in Hormozgan Province, Second Conference on Water and Watershed Management, Kerman, Iran, 2454-2462.

Ziemer, R.R., 1992. Effect of logging on subsurface pipeflow and erosion: coastal northern California, USA. Erosion, Debris Flows and Environment in Mountain Regions (Proceedings of the Chengdu Symposium), 178-198.